

PERBANDINGAN PENAMBAHAN WAKTU KERJA DAN PENAMBAHAN TENAGA KERJA TERHADAP BIAYA PELAKSANAAN PROYEK

Yunita A. Messah¹ (yunita@staf.undana.ac.id)

Debby C. S. Berelaku² (debbyberelaku@yahoo.com)

Ruslan Ramang³ (ruslan.ramang@gmail.com)

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menanggulangi keterlambatan dilakukan percepatan. Percepatan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan penambahan waktu kerja (jam lembur) dan penambahan tenaga kerja. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan biaya pelaksanaan proyek antara kedua alternatif percepatan tersebut. Analisa dimulai dengan melakukan penyusunan jaringan kerja menggunakan *Microsoft Office Project 2010*. Setelah memperoleh lintasan kritis, dilakukan perhitungan untuk memperoleh *crash duration*, *crash cost*, dan *cost slope* dari masing-masing kegiatan kritis dengan menerapkan metode *time cost trade off*. Selanjutnya dilakukan kompresi terhadap lintasan kritis dengan *cost slope* terendah sehingga diperoleh perubahan biaya untuk masing-masing alternatif. Hasil analisis menunjukkan bahwa, dengan lembur selama 4 jam, biaya proyek terus mengalami penurunan sepanjang kompresi dan pelaksanaan proyek dapat dipercepat menjadi 694 hari dari 721 hari. Untuk pengurangan durasi proyek maksimal sebanyak 27 hari, biaya proyek mengalami penurunan sebesar Rp. 71,342,909.46, dimana nilai total proyek awal sebesar Rp. 28,995,435,609.78 menjadi Rp. 28,924,092,700.32. Dengan penambahan tenaga kerja sebanyak 50%, biaya proyek terus mengalami penurunan sepanjang kompresi dan pelaksanaan proyek dapat dipercepat menjadi 663 hari dari 721 hari. Untuk pengurangan durasi proyek maksimal sebanyak 58 hari, biaya proyek mengalami penurunan sebesar Rp. 222,604,595.08, dimana nilai total proyek awal sebesar Rp. 28,995,435,609.78 menjadi Rp. 28, 772,831,014.70.

Kata Kunci: Percepatan, Microsoft Project, Lintasan Kritis, *Cost Slope*, *Time Cost Trade-Off*, *Crash Cost*, *Crash Duration*.

ABSTRACT

This study aimed to determine the comparison of project implementation costs between the two acceleration alternatives. The analysis began by preparing the network using MS Office Project 2010. After obtaining the critical path, calculations are performed to obtain the crash duration, crash cost, and cost slope of each critical activity by applying the time-cost trade-off method. Then compression is carried out on the critical path with the lowest cost slope in order to obtain a change in cost for each alternative. The results of the analysis show that, with 4 hours of overtime, project costs continue to decrease throughout the compression, and project implementation can be accelerated to 694 days from 721 days. For a maximum reduction in project duration of 27 days, project costs have decreased by Rp. 71,342,909.46, bringing the total initial project value from Rp. 28,995,435,609.78 to Rp. 28,924,092,700.32. With the addition of 50% of the workforce, project costs continued to decrease throughout compression, and project implementation was accelerated to 663 days from 721 days. For a maximum reduction of project duration of 58 days, project costs have decreased by Rp. 222,604,595.08, where the total value of the initial project is Rp. 28,995,435,609.78, to Rp. 28, 772,831,014.70.

Keywords: Acceleration, Microsoft Project, Critical Path, *Cost Slope*, *Time Cost Trade-Off*, *Crash Cost*, *Crash Duration*.

¹ Prodi Teknik Sipil, FST Undana (Penulis Korespondensi);

² Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

³ Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proyek konstruksi tidak dapat dipisahkan dari tiga hal yaitu biaya, waktu, dan mutu. Dalam suatu proyek konstruksi sangat penting dalam hal membuat perencanaan biaya, waktu dan mutu. Keberhasilan atau kegagalan dari suatu proyek dapat dipengaruhi oleh perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan di lapangan. Perencanaan yang baik jika tidak diikuti dengan pelaksanaan dan pengawasan yang baik maka akan mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas, dan meningkatnya biaya pelaksanaan. Apabila suatu proyek mengalami keterlambatan maka dapat dipastikan bahwa akan ada peningkatan biaya untuk menanggulangi keterlambatan tersebut. Kontraktor atau pelaksana lapangan yang bertanggung jawab terhadap proyek harus mengantisipasi keterlambatan yaitu dengan melakukan percepatan agar proyek tersebut tidak dikenai sanksi sesuai dengan yang tertera di kontrak. Dalam hal ini penulis memilih 2 cara penanggulangan yaitu dengan penambahan waktu kerja (jam lembur) dan penambahan tenaga kerja. Namun kedua-duanya tetap memiliki dampak yaitu kenaikan biaya konstruksi. Karena hal ini maka penulis akan membandingkan kedua metode ini sehingga mengetahui perbedaan biaya yang terjadi antara kedua metode tersebut.

Proyek perluasan terminal domestik berikut berikut renovasi terminal eksisting dan fasilitas penunjangnya yang dikerjakan oleh PT. X (Persero) mengalami keterlambatan dan mendapat *addendum* dari PT. Y sehingga telah dilakukan revisi dari *master schedule*. Namun progres proyek tetap memperlihatkan keterlambatan sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai percepatan pelaksanaan konstruksi menggunakan dua cara penanggulangan keterlambatan agar memperoleh durasi dan biaya yang minimal untuk penyelesaian proyek tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Proyek dan Manajemen Proyek

Proyek merupakan proses pengadaan suatu produk yang bersifat unik dengan menggunakan sumber daya dibatasi oleh kriteria biaya, mutu, dan waktu.

Berdasarkan pengertian proyek di atas, ciri-ciri proyek yang antara lain:

- a. Memiliki tujuan tertentu berupa hasil kerja akhir berupa suatu produk.
- b. Sifatnya sementara karena siklus proyek relatif pendek dan memiliki batas waktu.
- c. Dalam proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, anggaran biaya, dan mutu hasil akhir.
- d. Merupakan kegiatan nonrutin, tidak berulang-ulang.
- e. Keperluan sumber daya berubah, baik macam maupun volumenya.

Manajemen proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan yang berfungsi merancang, merencanakan, melaksanakan, mengendalikan, dan mengontrol sehingga dapat tercapainya tujuan yaitu mendapatkan suatu produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Biaya Proyek

Ada dua jenis biaya yang berhubungan dengan pembiayaan suatu proyek konstruksi, yaitu:

Biaya Langsung (Direct Cost)

Biaya Langsung (*Direct Cost*) adalah biaya-biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan (Frederika, 2010). Unsur-unsur yang termasuk

dalam biaya langsung menurut Kareth (2012) adalah:

Biaya Material

Biaya material adalah biaya pembelian material untuk mewujudkan proyek itu termasuk biaya transportasi, biaya penyimpanan serta kerugian akibat kehilangan atau kerusakan material. Harga material didapat dari survei di pasaran atau berpedoman dari indeks biaya yang dikeluarkan secara berskala oleh Departemen Pekerjaan Umum sebagai pedoman sederahana.

Biaya upah

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, biaya upah dibedakan atas:

f. Upah harian

Besar upah yang dibayarkan persatuan waktu, misalnya harian tergantung pada jenis keahlian pekerja, lokasi pekerjaan, jenis pekerjaan dan sebagainya.

g. Upah borongan

Besar upah ini tergantung atas kesepakatan bersama antara kontraktor dengan pekerja atas suatu jenis item pekerjaan.

h. Upah berdasarkan produktivitas

Besar jenis upah ini tergantung atas banyak pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh pekerja dalam satu satuan waktu tertentu.

Biaya Peralatan

Unsur-unsur biaya yang terdapa pada biaya peralatan adalah modal, biaya sewa, biaya operasi, biaya pemeliharaan, biaya operator, biaya mobilisasi, biaya demobilisasi dan lainnya yang menyangkut biaya peralatan.

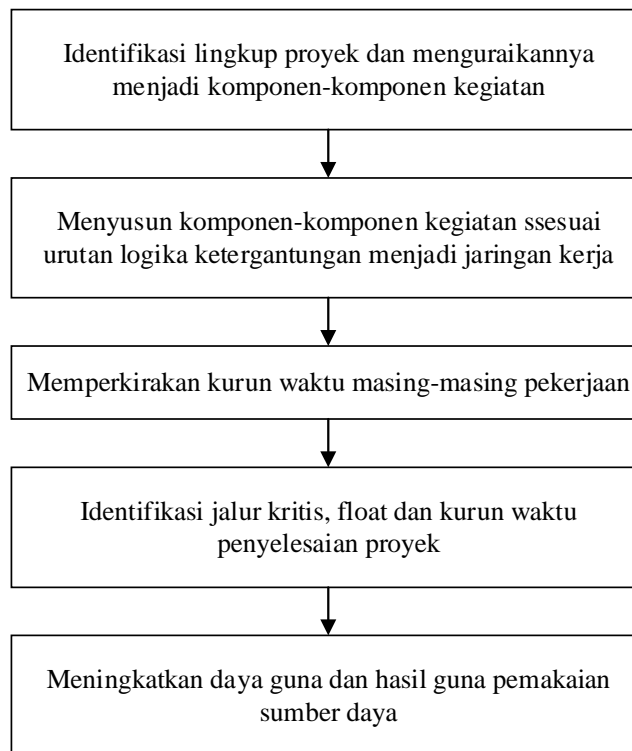
Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*) adalah semua biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi di lapangan tetapi biaya ini harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut, seperti: Biaya *Over-head*, biaya tak terduga dan keuntungan/profit. Menurut Ashworth, Gould dan Joyce, biaya tidak langsung di lokasi proyek dapat berupa biaya keamanan (pemagaran proyek, satuan pengamanan), tanda /keterangan /petunjuk, pembangunan barak, kantor direksi, gaji dan benefit staf proyek yang mewakili kontraktor termasuk manajer lapangan atau biaya supervise.

Network Planning

Menurut Soeharto yang dikutip oleh Frederika (2010), *Network planning* pada prinsipnya merupakan hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan dalam diagram network, sehingga diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang harus menunggu selesainya pekerjaan yang lain.

Sistematika proses menyusun jaringan kerja secara ringkas dapat digambarkan seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Bagan Penyusunan Jaringan kerja (Soeharto, 1999)

CRASHING

Terminologi proses *crashing* adalah mereduksi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek (Leatimia, 2013). *Crashing* adalah suatu proses disengaja, sistematis, dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Kelebihan crashing adalah dapat mereduksi durasi pekerjaan dan dapat meminimalisasi biaya pekerja. Ketika kita melakukan proses crashing maka waktu akan berkurang dan biaya akan bertambah namun kita dapat meminimalisir bahkan mengurangi biaya dikeluarkan. Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara biaya dengan waktu suatu kegiatan, dipakai beberapa istilah yaitu:

1. Kurun waktu normal/ Normal Duration (ND) yaitu penyelesaian aktivitas dalam kondisi normal. Suatu proyek telah memiliki kurun waktu rencana namun tida jarang proyek dapat diselesaikan dengan lebih cepat atau lebih lambat. Sehingga dari besarnya progress yang telah dicapai kita dapat menentukan waktu normal untuk menyelesaikan proyek dengan menggunakan rumus berikut (Sandyavitri, 2008) :

2.

$$TE = ATE + \frac{OD - (ATE \times SPI)}{SPI} \quad (1)$$

Dimana :

ATE = Actual Time Estimate

OD = Original Duration

$$SPI \text{ (Schedule Performance Index)} = \frac{\text{Earned Value (EV)}}{\text{Planed Value (PV)}}$$

3. Kurun waktu dipersingkat/Crash Duration (CD) yaitu waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas.
2. Biaya normal/Normal Cost (NC) yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada

kondisi normal.

3. Biaya untuk waktu dipersingkat/*Crash Cost (CC)* yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi akselerasi/crash (pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas).

Persamaan untuk percepatan proyek dengan menggunakan penambahan jam kerja adalah sebagai berikut :

Produktivitas harian sesudah *crash*

$$PHC = (8 \text{ jam} \times P_j) + (a \times b \times P_j) \quad (2)$$

Crash duration

$$CD = \frac{v}{PHC} \quad (3)$$

Normal cost pekerja perjam

$$NC_J = HS \times P_J \quad (4)$$

Normal cost pekerja perhari

$$NC_H = 8 \text{ jam} \times NC_J \quad (5)$$

Normal cost

$$NC = ND \times NCH \quad (6)$$

Crash cost pekerja perhari

$$CC_{PH} = NC_H + BL_H \quad (7)$$

Crash cost

$$CC = CD \times CC_{PH} \quad (8)$$

Persamaan untuk percepatan proyek dengan menggunakan penambahan tenaga kerja adalah sebagai berikut:

Produktifitas harian sesudah crash

$$P_{HC} = \frac{PH \times JTC}{JTN} \quad (9)$$

Normal cost pekerja perhari

$$NCH = HS \times PH \quad (10)$$

Normal cost

$$NC = ND \times NCH \quad (11)$$

Crash cost pekerja perhari

$$CC_{PH} = HS \times P_{HC} \tag{12}$$

Crash cost

$$CC = CC_{PH} \times CD \tag{13}$$

Cost Slope

$$CS = \frac{CC-NC}{ND-CD} \tag{14}$$

Tabel 1. Keterangan Simbol

Simbol	Keterangan
P_{HC}	Produktivitas harian sesudah <i>crash</i>
P_j	Produktivitas per jam
a	Jumlah jam kerja lembur
b	Koefisien penurunan produktifitas kerja lembur
CD	<i>Crash duration</i>
V	Volume
NC_j	<i>Normal cost</i> pekerja perjam
HS	Harga per satuan pekerjaan
NC_H	<i>Normal cost</i> pekerja perharu
NC	<i>Normal cost</i>
BL_H	Biaya lembur per hari
ND	<i>Normal duration</i>
CC	<i>Crash cost</i>
CC_{PH}	<i>Crash cost</i> pekerja perhari
CCP	<i>Crash cost</i> pekerja
CS	Cost slope
NC	Normal cost
PH	Produktivitas per hari
JT_C	Jumlah tenaga kerja crashing
JT_N	Jumlah tenaga kerja normal

Time Cost Trade Off (TCTO)

Time cost trade off dapat diartikan secara bebas bahwa perubahan waktu dalam hal ini percepatan waktu proyek akan member dampak pada biaya pelaksanaan proyek baik kenaikan maupun peurunan biaya. Tapi umumnya proyek yang sudah jadwal dan mempunyai aktifitas kerja akan membrikan dampak kenaikan biaya yang signifikan bila dipercepat (Mangitung, 2008). Hal tersebut sebagai imbalan (*trade off*) perubahan waktu (*time*).

Dengan menggunakan metode *Time cost trade off*, waktu dan biaya dapat dioptimal, yaitu akan didapatkan waktu yang singkat dan biaya yang minimal tetapi dengan kualitas yang disyarkan.

Scheduling dengan Microsoft Project 2010

Microsoft project adalah suatu aplikasi manajemen proyek perangkat lunak program yang dikembangkan dan dijual oleh *Microsoft* yang dirancang untuk membantu manajer proyek dalam mengembangkan rencana, menetapkan sumber daya untuk tugas-tugas, pelacakan kemajuan, mengelola anggaran dan menganalisis beban kerja. Ada beberapa fase atau siklus proyek pada *Microsoft project* dimana keterlibatan *Microsoft project* didalamnya tidak terlalu dominan. Berikut fase atau siklus proyeknya (Trihendradi, 2011) :

1. Fase Perencanaan dan Perkiraan

Fase perencanaan adalah fase mengidentifikasi tugas-tugas yang terlibat dalam proyek. Merinci tugas menjadi tingkatan-tingkatan tugas (subtugas). Hasil proses identifikasi tugas adalah work breakdown structure atau struktur rincian tugas dan fase perkiraan adalah fase perkiraan waktu masing-masing tugas.

2. Fase Penjadwalan

Fase penjadwalan adalah fase menentukan ketergantungan antartugas yang membangun proyek secara keseluruhan.

3. Fase Pengorganisasian

Fase pengorganisasian adalah fase penempatan sumber daya pada masing-masing tugas dan menyeimbangkan (leveling) sumber daya.

4. Fase Pengontrolan

Fase pengontrolan adalah fase memonitor dan mengontrol kemajuan proyek, menyampaikan laporan perkembangan proyek dan perubahan proyek.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan RAB, Daftar analisa harga satuan, Daftar upah dan *Time schedule*. Dari *time schedule* akan diketahui seberapa besar presentase keterlambatan proyek setelah itu akan dilakukan percepatan dengan metode *crashing* dengan dua cara yaitu menambah jam kerja dan tenaga kerja.

Teknik Analisa Data

Data yang didapat berupa data sekunder dan data primer maka akan dilakukan analisa data.

1. Pertama-tama dibandingkan antara *time schedule* perencanaan dan realisasi dilapangan. Sehingga dapat melihat seberapa besar keterlambatan yang terjadi.
2. Selanjutnya melihat kerjaan yang harus diselesaikan sebelum batas waktu selesai.
3. Menghitung biaya dan waktu actual untuk penyelesaian pekerjaan tanpa dilakukan percepatan.
4. Selanjutnya menyusun pekerjaan-pekerjaan menjadi komponen-komponen pekerjaan dan mengurutkan sesuai logika ketergantungan menjadi jaringan kerja.
5. Membuat *Critical path method* (CPM) dan melihat lintasan kritis dari komponen-komponen pekerjaan.
6. Menentukan waktu percepatan (*crash time*) dan menghitung biaya tambahan (*crash cost*) untuk percepatan setiap kegiatan dengan dua cara yaitu menambah waktu kerja (jam lembur) dan menambah tenaga kerja. Kedua cara ini dihitung masing-masing.
7. Mempercepatkan waktu penyelesaian proyek dengan mengutamakan kegiatan kritis yang memiliki *slope* biaya terendah. Apabila upaya percepatan dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang tidak berada pada lintasan kritis, maka waktu penyelesaian keseluruhan tidak akan berkurang.
8. Menghitung waktu percepatan akibat masing-masing cara yaitu penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja dan hitung biaya keseluruhan akibat percepatan untuk mengetahui total biaya proyek yang dikeluarkan dengan masing-masing cara tersebut.

Membandingkan waktu dan biaya yang dikeluarkan akibat penambahan tenaga kerja dan akibat penambahan waktu kerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Network Diagram

Dalam penyusunan jaringan kerja dengan menggunakan Program *Microsoft Project 2010*. Jaringan kerja yang ada terdiri dari jaringan kerja rencana dan jaringan kerja realisasi. Setelah menyusun jaringan kerja maka didapat lintasan kritisnya. Pembuatan jaringan kerja ini dengan menggunakan pengaturan default dari program ini yaitu 7 hari kerja dan 1 hari terdiri dari 8 jam kerja. Dari hasil tersebut diperoleh jalur kritis pada pekerjaan sebagai berikut:

1. Tahap 1

- 1.1.1.1. Galian Tanah Pondasi Setempat
- 1.1.1.2. Galian Tanah Pondasi Batu Kali
- 1.1.1.6. Galian *Ground Water Tank*
- 1.1.2.1. Pekerjaan Pondasi Batu Kali
- 1.1.3.1. Pekerjaan *Tie Beam*
- 1.1.3.3. Pekerjaan Kolom
- 1.1.3.4. Pekerjaan Balok
- 1.1.4. Pekerjaan struktur atap
- 1.2.1. Pekerjaan Persiapan
- 1.2.2. Pekerjaan Dinding
- 1.2.10.2 Pekerjaan Atap Metal
- 1.3.1. Pekerjaan listik

2. Tahap 2

- 2.2.1.1. Galian Tanah Pondasi setempat
- 2.2.1.2. Galian Tanah Pondasi Batu kali
- 2.2.1.6. Lantai Kerja (Beton Mutu-K100)
- 2.2.1.7. Pasir Uruk Di Padatkan
- 2.2.2.1. Pekerjaan Pondasi Batu Kali
- 2.2.3.1. Pekerjaan *Tie Beam*
- 2.2.3.2. Pekerjaan Kolom
- 2.2.3.3. Pekerjaan balok
- 2.2.4. Pekerjaan struktur atap
- 2.3.1. Pekerjaan Persiapan
- 2.3.10.2 Pekerjaan Atap Metal
- 1.4.1. Pekerjaan listik

Normal Cost

Normal cost terdiri dari biaya langsung proyek yang dihitung berdasarkan rencana anggaran biaya (RAB) proyek terminal Bandara Eltari dan biaya tak langsung yang dikeluarkan kontraktor untuk membiayai hal-hal yang berhubungan dengan kebutuhan kantor.

1. Biaya Langsung

Besar biaya langsung dihitung berdasarkan rencana anggaran biaya adalah Rp. 26,272,725,609.78. Biaya langsung dibagi berdasarkan tahap dan item sebuah pekerjaan dan dihitung berdasarkan bobot pekerjaan pertahap.

2. Biaya Tak Langsung

Biaya tak langsung terdiri dari biaya pegawai, biaya umum, biaya pemasaran, biaya jamuan relasi, biaya laboratorium, biaya mobilisasi dan demobilisasi personil, biaya kendaraan, biaya

perizinan dan persiapan. Total biaya tak langsung sebesar Rp. 2,722,710,000.00.

Sehingga diperoleh total biaya langsung normal dan biaya tak langsung normal

$$= \text{Rp. } 26,272,725,609.78 + \text{Rp. } 2,722,710,000.00.$$

$$= \text{Rp. } 28,995,435,609.78$$

Normal Duration

Untuk menentukan waktu normal berakhirnya proyek diambil kondisi pada minggu ke-20. Hal ini dikarenakan minggu tersebut merupakan minggu berakhirnya kerja praktek dan minggu berawalnya tahap 2 sesuai dengan *time schedule* rencana. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan waktu berakhirnya proyek dengan menggunakan rumus *Time Estimated* (TE) pada persamaan 2.1.

$$\begin{aligned} \text{TE} &= \text{ATE} + \frac{\text{OD} - (\text{ATE} \times \text{SPI})}{\text{SPI}} \\ \text{EV} &= 14,768\% \times \text{Rp. } 26,272,725,609.78 \\ &= \text{Rp. } 3,879,956,117,01 \\ \text{PV} &= 44.114\% \times \text{Rp. } 26,272,725,609.78 \\ &= \text{Rp. } 11,590,009,885.52 \end{aligned}$$

SPI (Schedule Performance Index)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Rp. } 3,879,956,117,01}{\text{Rp. } 11,590,009,885.52} \\ &= 0.335 \\ \text{TE} &= 20 + \frac{35 - (20 \times 0.335)}{0.335} \\ &= 104.547 \text{ minggu} \approx 105 \text{ minggu} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa proyek akan selesai dalam waktu 105 minggu.

Alternatif Crashing

Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Adapun rencana kerja yang akan dilakukan dalam mempercepat durasi sebuah pekerjaan dengan metode jam kerja lembur adalah :

1. Waktu kerja normal adalah 8 jam (08.00 – 17.00), sedangkan lembur dilakukan setelah waktu kerja normal
2. Harga upah pekerja untuk kerja lembur menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/ MEN/ VI/ 2004 pasal 11 diperhitungkan sebagai berikut :
 - a. Untuk jam kerja lembur pertama, harus dibayar upah lembur sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah satu jam.
 - b. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah lembur sebesar 2 (dua) kali upah satu jam.

Waktu lembur yang digunakan adalah 4 jam dan berdasarkan Gambar 2.4. diketahui bahwa koefisien penurunan produktivitas adalah 0.4. Satu jam lembur mengakibatkan penurunan koefisien produktivitas tukang harus dikalikan dengan 0.6. Karena produktivitas tukang menurun 0.4. Berdasarkan persamaan 2.1 hingga 2.8 maka dapat dicari *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost slope* dari masing – masing item pekerjaan. Berikut ini merupakan contoh perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope* pekerjaan pondasi batu kali dengan penambahan waktu kerja (lembur). Untuk item pekerjaan lainnya dapat dilihat pada tabulasi Lampiran 10 (Perhitungan *Crash Duration* dengan alternatif penambahan jam kerja), Lampiran

11 (Perhitungan *Crash Cost* dengan alternatif penambahan jam kerja) dan Lampiran 12 (Perhitungan *Cost Slope* dengan alternatif penambahan jam kerja).

1. Crash Duration

Contoh perhitungan *crash duration* pekerjaan pondasi batu kali

$$\text{Volume Pekerjaan} = 85.10 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi Normal} = 21 \text{ hari}$$

$$\text{Produktivitas/hari} = \frac{85.10 \text{ m}^3}{21 \text{ hari}} = 4.052 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas/jam} = \frac{4.052 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam/hari}} = 0.507 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produktivitas harian setelah Crash} = (8 \text{ jam/hari} \times 0.507 \text{ m}^3/\text{jam}) + (4 \text{ jam/hari} \times 0.6 \times 0.507 \text{ m}^3/\text{jam}) = 5.268 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi Setelah Crash} = \frac{85.10 \text{ m}^3}{5.268 \text{ m}^3/\text{hari}} = 16.154 \text{ hari} \approx 17 \text{ hari}$$

2. Crash Cost

Biaya satuan pekerja sudah termasuk biaya jasa 10%. Contoh perhitungan *crash cost* pekerjaan pondasi batu kali

$$\text{Harga satuan pekerja} = \text{Rp } 82,500.00$$

$$\text{Normal Cost Pekerja/jam} = 0.507 \text{ m}^3/\text{jam} \times \text{Rp } 82,500.00 = \text{Rp } 41,789.93$$

$$\text{Normal Cost Pekerja/hari} = 8 \text{ jam} \times \text{Rp } 41,789.93 = 334,319.46$$

$$\text{Normal Durasi} = 21 \text{ hari}$$

$$\text{Normal Cost} = \text{Rp } 56,450,583.126$$

$$\text{Normal Cost} - \text{Biaya Pekerja} = \text{Rp } 56,450,583.126 - (21 \text{ hari} \times \text{Rp } 334,319.46) = \text{Rp } 49,492,874.38$$

$$\text{Biaya Lembur Pekerja/hari} = (1.5 \times \text{Rp } 41,789.93) + (3 \times (2 \times \text{Rp } 41,789.93)) = \text{Rp } 313,424.50$$

$$\text{Crash Cost Pekerja/Hari} = \text{Biaya Lembur Pekerja/hari} + \text{Normal Cost Pekerja/hari} = \text{Rp } 313,424.50 + \text{Rp } 334,319.46 = \text{Rp } 647,743.96$$

$$\text{Crash Cost Pekerja} = 17 \text{ hari} \times \text{Rp } 647,743.96 = \text{Rp } 11,011,647.35$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Rp } 49,429,874.38 + 11,011,647.35 = \text{Rp } 60,441,521.73$$

3. Cost Slope

Contoh perhitungan *cost slope* pekerjaan pondasi batu kali

$$= \frac{\text{Rp } 60,441,521.73 - \text{Rp } 56,450,583.126}{21 \text{ hari} - 17 \text{ hari}}$$

$$= \text{Rp } 997,734.65/\text{hari}$$

Penambahan Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja yang terdapat di lapangan diasumsikan sebagai jumlah tenaga kerja rencana sebesar 100%. Dalam proses *crashing* persentase jumlah tenaga kerja akan ditambah sebesar 50%. Jadi total persentase tenaga kerja dalam proses *crasing* sebesar 150%. Tenaga kerja yang digunakan dalam proses *crashing* merupakan tenaga kerja dari luar pulau sehingga akan diperhitungkan juga biaya mobilisasi pekerja sebesar 1.5% dari upah pekerja perhari. Hal ini dikarenakan kebutuhan akan tenaga kerja dalam waktu dekat dan sangat mendesak sehingga perlu dikeluarkan biaya mobilisasi yang besar untuk pekerja sehingga tenaga kerja bisa cepat sampai di lapangan. Persentase biaya mobilisasi diambil dari bobot pekerjaan persiapan sebesar 1.419 sehingga diambil 1.5% untuk biaya mobilisasi pekerja. Berikut ini merupakan contoh perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost slope* pekerjaan pondasi batu kali dengan penambahan tenaga kerja. Untuk item pekerjaan lainnya dapat dilihat pada tabulasi Lampiran 13

(Perhitungan *Crash Duration* dengan alternatif penambahan tenaga kerja), Lampiran 14 (Perhitungan *Crash Cost* dengan alternatif penambahan tenaga kerja) dan Lampiran 15 (Perhitungan *Cost Slope* dengan alternatif penambahan tenaga kerja).

1. Crash Duration

Contoh perhitungan *crash duration* pekerjaan pondasi batu kali

$$\text{Volume Pekerjaan} = 85.10 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi Normal} = 21 \text{ hari}$$

$$\text{Produktivitas/hari} = \frac{85.10 \text{ m}^3}{21 \text{ hari}}$$

$$= 4.052 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas/hari setelah Crash} = \frac{4.052 \text{ m}^3/\text{hari} \times 150\%}{100\%} = 6.079 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi setelah Crash} = \frac{85.10 \text{ m}^3}{6.079 \text{ m}^3/\text{hari}} = 13.99 \text{ hari} \approx 14 \text{ hari}$$

2. Crash Cost

Biaya satuan pekerja sudah termasuk biaya jasa 10%. Contoh perhitungan *crash cost* pekerjaan pondasi batu kali.

$$\text{Volume pekerjaan} = 85.10 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi Normal} = 21 \text{ hari}$$

$$\text{Produktivitas/hari} = \frac{85.10 \text{ m}^3}{21 \text{ hari}} = 4.052 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Harga satuan pekerja

$$\text{Tukang Batu} = \text{Rp } 30,250.00$$

$$\text{Kepala Tukang Batu} = \text{Rp } 3,300.00$$

$$\text{Pekerja} = \text{Rp } 45,100.00$$

$$\text{Mandor} = \text{Rp } 3,850.00 +$$

$$\text{Jumlah} = \text{Rp } 82,500.00$$

Harga Satuan Pekerja/hari

$$\text{Tukang Batu} = 4.052 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{Rp } 30,250.00 = \text{Rp } 122,583.80$$

$$\text{Kepala Tukang Batu} = 4.052 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{Rp } 3,300.00 = \text{Rp } 13,371.78$$

$$\text{Pekerja} = 4.052 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{Rp } 45,100.00 = \text{Rp } 182,761.31$$

$$\text{Mandor} = 4.052 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{Rp } 3,850.00 = \text{Rp } 15,601.58$$

$$\text{Jumlah} = \text{Rp } 122,583.80 + \text{Rp } 13,371.78 + \text{Rp } 182,761.31 + \text{Rp } 15,601.58 = \text{Rp } 334,319.46$$

$$\text{Produktivitas/hari setelah Crash} = 6.079 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Pada pekerjaan pondasi batu kali penambahan tenaga kerja sebesar 50% dari tenaga kerja awal hanya ditambahkan kepada tukang batu dan mandor tetap. Sehingga yang mengalami perubahan biaya perhari hanya pada tukang batu dan mandor.

Harga Satuan Pekerja/hari setelah *crash*

$$\text{Tukang Batu} = 6.079 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{Rp } 30,250.00 = \text{Rp } 183,875.71$$

$$\text{Pekerja} = 6.079 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{Rp } 45,100.00 = \text{Rp } 274,141.96$$

Harga Sat Pekerja/hari setelah *crash*

$$\text{Rp } 183,875.71 + \text{Rp } 13,371.78 + \text{Rp } 274,141.96 + \text{Rp } 15,601.58 = \text{Rp } 486,992.02$$

$$\text{Normal cost} = \text{Rp } 56,450,583.126$$

$$\text{Normal cost} - \text{Biaya Pekerja} = \text{Rp } 56,450,583.126 - (21 \text{ hari} \times \text{Rp } 334,319.46) = \text{Rp } 49,429,874.38$$

Biaya Mobilisasi Pekerja

$$\text{Tukang Batu} = 1.5\% \times \text{Rp } 122,583.80 = \text{Rp } 1,838.76$$

$$\text{Pekerja} = 1.5\% \times \text{Rp } 182,761.31 = \text{Rp } 2,741.42$$

$$\text{Jumlah} = \text{Rp } 1,838,76 + \text{Rp } 2,741.42 = 4,580.18$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Rp } 49,429,874.38 + (14 \times (\text{Rp } 486,992.02 + \text{Rp } 4,580,18)) = \text{Rp } 56,311,885.12$$

3. Cost slope

Contoh perhitungan *cost slope* pekerjaan pondasi batu kali

$$= \frac{\text{Rp } 56,311,885.12 - \text{Rp } 56,450,583.13}{21 \text{ hari} - 14 \text{ hari}} = -\text{Rp } 19,814.00/\text{hari}$$

Time Cost Trade Off (TCTO)

Time Cost Trade off dilakukan untuk memperoleh biaya minimum dengan mempersingkat waktu pelaksanaan proyek. *Time cost trade off* dilakukan dengan menggunakan proses kompresi. Kompresi yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan melihat *cost slope* terendah dari masing-masing alternatif.

1. Penambahan Waktu Kerja (Jam Lembur)

Dari hasil perhitungan *crash cost* dan *crash duration* diperoleh *cost slope* terendah untuk pekerjaan yang terdapat pada lintasan kritis pada tahap 1 yaitu pekerjaan galian tanah pondasi setempat, galian tanah pondasi batu kali, dan pekerjaan pondasi batu kali. Pad tahap 2 pekerjaan dengan *cost slope* terendah yaitu pasir urug dipadatkan, lantai kerja, galian tanah pondasi setempat, galian tanah pondasi batu kali, dan ekerjaan pondasi batu kali. Kompresi pertama dilakukan pada pekerjaan tahap 1 sedangkan kompresi kedua dan ketiga dilakukan pada pekerjaan tahap 2. Kompresi kedua dilakukan pada pekerjaan pasir urug dipadatkan dan lantai kerja. Kompresi 3 dilakukan pada pekerjaan galian tanah pondasi setempat, galian tanah pondasi batu kali, dan pekerjaan pondasi batu kali.

Tabel 2. Rekapitulasi Waktu terhadap Biaya Alternatif Penambahan Waktu Kerja

Penambahan Jam Kerja	Durasi (hari)	Biaya Langsung	Biaya Tak Langsung	Biaya Total
Normal	721	26,272,725,609.78	2,722,710,000.00	28,995,435,609.78
Kompresi 1	709	26,286,123,115.47	2,677,394,438.28	28,963,517,553.75
Kompresi 2	706	26,286,967,985.01	2,666,065,547.85	28,953,033,532.86
Kompresi 3	694	26,303,342,714.19	2,620,749,986.13	28,924,092,700.32

2. Penambahan Tenaga Kerja

Dari hasil perhitungan *crash cost* dan *crash duration* diperoleh *cost slope* terendah untuk pekerjaan yang terdapat pada lintasan kritis pada tahap 1 yaitu pekerjaan galian tanah pondasi setempat, galian tanah pondasi batu kali, dan pekerjaan pondasi batu kali. Pada tahap 2 pekerjaan dengan *cost slope* terendah yaitu pekerjaan struktur atap, kolom, galian tanah pondasi setempat, galian tanah pondasi batu kali, dan pekerjaan pondasi batu kali. Kompresi pertama dilakukan pada pekerjaan tahap 1 sedangkan kompresi kedua dan ketiga dilakukan pada pekerjaan tahap 2. Kompresi kedua dilakukan pada pekerjaan struktur atap dan kolom. Kompresi 3 dilakukan pada pekerjaan galian tanah pondasi setempat, galian tanah pondasi batu kali, dan pekerjaan pondasi batu kali.

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu terhadap Biaya Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan Jam Kerja	Durasi (hari)	Biaya Langsung	Biaya Tak Langsung	Biaya Total
Normal	721	26,272,725,609.78	2,722,710,000.00	28,995,435,609.78
Kompresi 1	701	26,272,014,205.97	2,647,184,063.080	28,919,298,269.77
Kompresi 2	684	26,270,015,723.22	2,582,987,018.03	28,853,002,741.25
Kompresi 3	663	26,269,146,229.68	2,503,684,785.02	28,772,831,014.70

Berdasarkan hasil percepatan dengan menggunakan 2 cara penanggulangan keterlambatan, yaitu:

1. Cara penambahan waktu kerja dengan jumlah tenaga kerja tetap, setelah melakukan 3 kali kompresi dengan metode *time cost trade off* diperoleh durasi minimal proyek pada kompresi yang ketiga yaitu 694 hari dengan besar biaya langsung Rp.26,303,342,714,19 dan besar biaya tak langsung Rp.2,620,749,986,13 sehingga total biaya menjadi Rp.28,924,092,700,32.
2. Cara penambahan tenaga kerja dengan waktu kerja tetap, setelah melakukan 3 kali kompresi dengan metode *time cost trade off* diperoleh durasi minimal proyek pada kompresi yang ketiga yaitu 663 hari dengan besar biaya langsung Rp.26,269,146,229.68 dan besar biaya tak langsung Rp.2,503,648,785,02 sehingga total biaya menjadi Rp.28,772,831,014.70.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data dan pembahasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Durasi normal sebelum dilakukan *crashing* adalah 721 hari. Durasi minimal dan selisih proyek perluasan terminal domestik bandara Eltari Kupang setelah dilakukan percepatan dengan masing-masing alternatif percepatan proyek adalah:
 - a. Dengan cara penambahan waktu kerja selama 4 jam setelah kompresi ketiga menghasilkan durasi minimal selama 694 hari sehingga selisih durasi antara waktu normal dan waktu setelah *crashing* = 721 hari – 694 hari = 27 hari atau sebesar 3.745% dari durasi normal.
 - b. Dengan cara penambahan-penambahan tenaga kerja sebanyak 50% setelah kompresi ketiga menghasilkan durasi minimal selama 663 hari sehingga selisih durasi antara waktu normal dan waktu setelah *crashing* = 721 hari - 663 hari = 58 hari atau sebesar 8.044% dari durasi normal.
 - c. Selisih durasi setelah *crashing* antara kedua alternatif tersebut = 694 hari – 663 hari = 31 hari atau sebesar 4.300% dari durasi normal.
2. Biaya normal sebelum dilakaukan *crashing* adalah Rp. 28,995,435,609.78. Total biaya proyek perluasan terminal domestik bandara Eltari Kupang dengan durasi proyek yang minimal setelah dilakukan percepatan dengan masing-masing alternatif adalah:
 - a. Dengan cara penambahan waktu kerja selama 4 jam menghasilkan total biaya sebesar Rp. 28,924,092,700.32 sehingga selisih durasi antara biaya normal dan biaya setelah *crashing* = Rp.28,995,435,609.78 – Rp. 28,924,092,700.32 = Rp. 71,342,909.46 atau sebesar 0.246% dari biaya normal
 - b. Dengan cara penambahan tenaga kerja sebanyak 50% menghasilkan total biaya sebesar Rp. 28,772,831,014.70 sehingga selisih durasi antara biaya normal dan biaya setelah *crashing* = Rp. 28,995,435,609.78 – Rp. 28,772,831,014.70 = Rp.222,604,595.08 atau sebesar 0.768% dari biaya normal.
 - c. Selisih biaya antara kedua alternatif tersebut adalah Rp.28,924,092,700.32 – Rp. 28,772,831,014.70 = Rp. 151,261,685.62 atau sebesar 0.522% dari biaya normal.

Dapat disimpulkan bahwa alternatif percepatan yang terbaik untuk menanggulangi keterlambatan

proyek adalah alternatif penambahan tenaga kerja dengan durasi dan biaya yang paling minimal.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka setelah melakukan penelitian dan menganalisa data, maka ada beberapa saran untuk penelitian lanjutan dikemudian hari yaitu perlunya penelitian mengenai optimasi biaya dengan menggunakan alternatif pembagian giliran kerja, penambahan atau pergantian peralatan, penggantian atau perbaikan metode kerja, konsentrasi pada aktifitas tertentu, dan kombinasi dari alternatif yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto Tomy. 2010. *Pertukaran Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Seni dan Budaya (Ex. Gedung Mitra) Kota Surabaya*.
- Dannyanti Eka. 2010. *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT dan CPM (Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip)*.
- Frederika Ariany. 2010. *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Bandung)*.
- Kareth Michael. 2012. *Analisis Optimalisasi Waktu dan Biaya dengan Program Primavera 6.0 (Studi Kasus: Proyek Perumahan Puri Kelapa Gading)*.
- Leatemia K. E. 2013. *Optimasi Biaya dan Durasi Proyek Menggunakan Program Lindo (Studi Kasus: Pembangunan Dermaga Penyebrangan Salakan Tahap II)*. Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
- Mangitung M. D. 2008. *Analisis Dampak Percepatan Jadwal Proyek Terhadap Biaya Konstruksi Dengan Teknik Statistika Non Parametrik*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.
- Sandyavitri Ari. 2008. *Pengendalian Dampak Perubahan Desain Terhadap Waktu dan Biaya Pekerjaan Konstruksi*. Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid I*, Erlangga.
- Sugianto M. 2012. *Pengelolaan Proyek Konstruksi dengan Microsoft Project 2010*. Penerbit: Andi.
- Trihendradi C. 2011. *Microsoft Project 2010 Pendekatan Siklus Proyek Langkah Cerdas Merencanakan dan Mengelola Proyek*. Penerbit: Andi.